

6

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-172411

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)8月4日

H 01 Q 21/22

7004-5J

審査請求 有 発明の数 1 (全11頁)

⑮ 発明の名称 多段リニアアレイアンテナ

⑯ 特 願 昭60-12541

⑰ 出 願 昭60(1985)1月28日

⑱ 発 明 者 恵 比 根 佳 雄 横須賀市武1丁目2356番地 日本電信電話公社横須賀電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 中 嶋 信 生 横須賀市武1丁目2356番地 日本電信電話公社横須賀電気通信研究所内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 山本 恵一

明 細 書

1. 発明の名称

多段リニアアレイアンテナ

2. 特許請求の範囲

(1) 複数の励振素子と、その各々に接続される第1移相器と、複数の第1移相器に共通に接続される少なくとも1個の第2移相器と、該第2移相器に給電する給電端子とを有する多段リニアアレイアンテナにおいて、励振素子毎の第1移相器は所要の値より大きなビームチルティング角を与えるように設定し、第1移相器と第2移相器の合成移相により所要のビームチルティング角を提供することを特徴とする多段リニアアレイアンテナ。

(2) 前記第1移相器による位相量を

$$-(i-1) \times 2\pi \times d \times \sin \alpha$$

$i=1 \sim n$ ($n=M \times m$) で i は第1移相器の

n ; 励振素子の数、

m ; 第2移相器の数、

とし、第2移相器による位相量を

$$(m-j) \beta$$

j ; 第2移相器の端からの順番、

β ; 隣接する第2移相器の位相差、

とすることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の多段リニアアレイアンテナ。

(3) 前記第1移相器による位相量を

$$-(i-1-(m-1)M) \times 2\pi \times d \times \sin \alpha$$

$i=1 \sim n$ ($n=M \times m$) で i は第1移相器の端からの順番、

d ; 素子間隔/波長、

α ; 第1移相器によるビームチルティング角、

n ; 励振素子の数、

特開昭61-172411 (2)

θ' : 隣接する第2移相器の位相差、

とすることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の多段リニアアレイアンテナ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は基地局アンテナにおいてビームチルティングにより垂直面内指向性を成形したとき、干渉領域に生ずる上側第一サイドローブレベルを抑圧する多段リニアアレイアンテナの給電法に関するものである。

(従来の技術)

第1図により、基地局アンテナにビームチルティングを適用した場合について説明する。いま、1は基地局アンテナ、2は無線基地局、基地局アンテナ高H、無線ゾーン半径R、ビームチルティング角 θ_1 とする。

(a)はビームチルティングを行わない場合の垂直面内指向性をあらわし、水平方向に主放射ビームが向いている。

(b)はビームチルティングを行った場合の垂直面

内に指向性をあらわし、水平方向に主放射ビームが向いている。

のように基地局アンテナ高が極めて高い場合、あるいは無線ゾーン半径が小さい場合に効果があることがわかる。さらに、ビームの垂直面内半値幅が狭い場合にも効果がある。

ビームチルティング効果について具体的に説明する。いま、 $R=3\text{ km}$ 、基地局アンテナ利得Gを約12 dB、適用する基地局アンテナ高を例えば、 $H=120\text{ m}$ とする（文献NTT国際シンポジウム「大容量移動通信方式」1983.7.13）。

リニアアレイアンテナの利得Gは近似的に $10\log(1.22nd)$ で表され、利得Gは約12 dBであるから、素子数 $n=16$ とすればアンテナ間隔 $d=1\lambda$ を得る。このときの多段リニアアレイアンテナの従来の構成例を第2図に示す。2₁～2₁₆は励振素子、3₁～3₁₆は移相器、5は電力分配器、6は給電端子である。このように構成された多段リニアアレイアンテナの垂直面内指向性 $F(\theta)$ は次式で表される。

$$F(\theta) = g(\theta) \sum_{n=1}^{16} I_n \cdot \exp(j\phi_n) \cdot \exp(jnk d \cdot \sin\theta) \quad \dots(2)$$

ここで、 $g(\theta)$: 励振素子の垂直面内指向性

内指向性で、 θ_x 方向において、水平方向に主放射ビームを向けたときのレベルと同レベルとなるように主放射ビームを傾けている。

なお、基地局アンテナから見た無線ゾーン周辺までの角度 θ_x は次式で与えられる

$$\theta_x = \tan^{-1}(H/R) \quad \dots(1)$$

基地局アンテナをこのようにビームチルティングすると、同一周波数を繰り返し使用する陸上移動通信では遠方方向の同一周波数を用いる領域でのレベルが低減することになり、干渉低減がはかれる。

小無線ゾーン構成を用いる陸上移動通信ビームチルティング効果は、無線ゾーン周辺において、ビームチルティングを行わないときの受信レベルとビームチルティングを行ったときの受信レベルとの差がないとしたとき、無線ゾーン外でビームチルティングを行わないときの受信レベルより、ビームチルティングを行ったときの受信レベルがどの程度低くなったかで評価される。

このビームチルティング効果は(1)式から分かる

N: 全励振素子数

n: 励振素子の番号

I_n : n番目の励振素子の電流の大きさ

d: 励振素子の間隔(波長で規格化)

ϕ_n : 励振素子給電位相

k: 位相定数

ビームチルティング角 θ_1 と3₁～3₁₆の給電位相 ϕ_n の関係は

$$\phi_n = \sin(\theta_1) kd \times (n-1) \quad n=1 \sim 16 \quad \dots(3)$$

で表される。

(3)式により、ビームチルティングしない場合は $\theta_1=0^\circ$ であるから、 $\phi_n=0^\circ$ となる。さらに、(2)式に素子数 $n=16$ 、アンテナ間隔 $d=1\lambda$ を代入して垂直面内指向性 $F(\theta)$ を計算すると、第3図の指向性となる。この指向性と市街地伝搬推定曲線を用いて求めた伝搬損失距離特性図を第4図に示す。この第4図はビームチルティングしないときの特性であるから、これを評価の基準とする。無線ゾーン周辺の3 km地点では伝搬損失が140 dBでビ

ームチルティングしたときに、この伝搬損失よりも大きくなってはならない。

次に、第2図に示す従来の構成の多段リニアアレイアンテナでビームチルティングすると、(1)式から無線ゾーン半径と基地局アンテナの関係から $\theta_x = 2.29^\circ$ が求められ、ビームチルティング角 θ_1 は $2\theta_x$ で近似できるため $\theta_1 = 4.58^\circ$ を得る。これを(3)式に代入に各励振素子の給電位相を求めて、(2)式を計算すると、第5図に示す垂直面内指向性を得る。これを前述同様に伝搬損失距離特性図を求めると、第6図をうる。ここで、3km地点での伝搬損失は第4図と同様140dBとなっており、無線ゾーン周辺でのレベル劣化はない。しかし、20km地点では第4図に比べ約17dB程伝搬損失が大きくなっていることがわかる。これがビームチルティング効果である。

ここで、第5図、第6図から分かるように、7~8km付近で伝搬損失が大きくなっている。本来なら、このまま伝搬損失が一定増大していけば、ビームチルティング効果は非常に大きくなるが、

伝搬路中に生ずる上側の第1サイドローブレベルは抑圧されず、ビームチルティング効果を損なう欠点が依然として存在する。

本発明はこれらの欠点を除去するために、グループごとの移相器の簡易な調整でビームチルティング角を変化させると共に伝搬路中に生じたサイドローブレベルの低減を図り、ビームチルティング効果を増大させた多段リニアアレイアンテナを提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

上記目的を達成するための本発明の特徴は、複数の励振素子と、その各々に接続される第1移相器と、複数の第1移相器に共通に接続される少なくとも1個の第2移相器と、該第2移相器に給電する給電端子とを有する多段リニアアレイアンテナにおいて、励振素子毎の第1移相器は所要の値より大きなビームチルティング角を与えるように設定し、第1移相器と第2移相器の合成移相により所要のビームチルティング角を提供する多段リニアアレイアンテナにある。

実際には多段リニアアレイアンテナの水平方向より上側にある第一サイドローブの影響でさらに遠方になると再び、伝搬損失が小さくなる欠点がある。また、第2図に示す給電法は励振素子ごとに位相器があるため位相調整が複雑になる欠点もある。この欠点を軽減するために、第7図に示すように、複数の励振素子を電力分配器で合成した後に位相器を挿入する方法がある。

この場合の指向性 $F(\theta)$ は

$$F(\theta) = g(\theta) \sum I_n' \times \exp(jn'kd \cdot \sin(\theta)) \times \sum \phi_m \times \exp(jkd' \cdot \sin(\theta)) \quad \dots(4)$$

$$n' = n/m \quad m = \text{分割数} \quad d' = n/m \times d$$

となる。

第7図に示した従来の実施例は $n=16$, $m=4$, $d=1\lambda$ とした。ビームチルティング角は 4.58° であるから、各グループごとの位相差は約 -113° となる。このときの(4)式の計算結果を第8図に示す。また、伝搬損失距離特性図は第9図のようになる。

(発明が解決しようとする問題点)

これらの図から、給電方法は簡易になったが、

(実施例)

第10図は本発明によるアンテナ構成例である。アンテナ列10は励振素子 $2_1 \sim 2_{16}$ の16素子からなりアンテナ間隔 d は1波長とし、各励振素子 $2_1 \sim 2_{16}$ には移相器1の $3_1 \sim 3_{16}$ が挿入されている。さらに、アンテナ列10は4素子ごとに4グループに分けて、これらの合成端子に各々のグループに移相器2の $4_1 \sim 4_4$ を挿入する。

このときの励振素子ごとの位相器 $2_1 \sim 2_{16}$ は所要のビームチルティング角より大きな角度 α になるように設定しておく。

第11図に α の選定方法で、横軸は所要ビームチルティング角からの増加させる角度で、ここでは戻し角と呼ぶことにする。いま、基地局アンテナは120mとすると所要ビームチルティング角は 4.58° である。第11図から、戻し角が大きいとサイドローブレベルの低減効果は大きい、利得低下も生ずる。また、戻し角が小さいと利得低下は免れるがサイドローブレベル低減効果が少なくなる。

ここでは、利得低下量を0.5dB以下にすること

とし、 $\alpha = 5.5^\circ$ を選定した。

このときの励振素子ごとの移相器 $3_1 \sim 3_{10}$ は(3)式から $-34.7^\circ \times (n-1)$ になる。

移相器 $4_1, 4_2$ は 0° 、 $4_3, 4_4$ は 85° の位相を与え、所要のビームチルティング角を 4.58° にする。すなわち、第12図で位相関係について説明すると、励振素子ごとにある第1移相器による位相は $-(i-1) \times 2\pi d \sin \alpha$ ($i=1 \sim n$) であり、同図の破線に示す如く、所要のビームチルティング角より大きくなっている。同図の実線が所要のビームチルティング角であるから第2移相器により θ_1 まで戻す必要がある。このとき第2移相器に与えられる位相量は $(m-j)\beta$ で m は第2移相器の数、 $j=1 \sim m$ β は近似的に $\beta = \frac{2\pi(n-1)d(\sin \alpha - \sin \theta_1)}{m-1}$ で表わされる。

$m=2$ であるから、第2移相器の1番目は位相は0、2番目は β となり、これらの位相を与えると、点線で示した位相となり、等価的に実線で示した θ_1 となる。

第13図にこのときの垂直面内指向性の計算結果

とすると、第15図の点線で示した位相となる。このときの第2移相器の位相はすべて 0° であるから α が小さいと近似的にはビームチルティング角は 0° となる。そこで隣接する第2移相器の位相差 β' は

$$\beta' = \frac{2\pi \cdot (n-1)d \sin \theta_1}{m-1} \quad \text{である。}$$

第2移相器に $-(m-1)\beta'$ となるように位相量を与えると、第15図の実線に示したように等価的に所要のビームチルティング角になる。このような給電法でも第14図と同様の伝搬距離特性を得る。

この給電方法は前述の実施例に比べ4素子ごとの各グループは同じ構造で同じ給電位相でよいいためアンテナ構成上の利点を有する。

4素子ごとのアンテナ列を第16図のような構成にする。11'のアンテナ列はマイクロストリップ線路で構成された電力分配回路5'とアンテナ列2₁、2₂ からなる。

トーナメント状に構成された電力分配回路の0点に接続されるようにすると、各励振素子の給電位相はすべて同相になる。ここでは、ビームチル

を示す。

第14図は本発明の給電法による場合の伝搬損失距離特性図である。3.km地点での伝搬損失は140 dBとビームチルティング無しと同じだが、20 kmでの伝搬損失は非常に大きなものとなっており、ビームチルティング効果を増大させていることがわかる。

この効果を得るもう一つの給電方法は第10図と同じ構成であるが、 $3_1 \sim 3_{10}$ 、 $4_1 \sim 4_4$ に与える位相量が異なる。

第15図には各励振素子に対する給電位相の模式図を示した。第10図における $3_1 \sim 3_{10}$ $M=4$ とし4素子ごとに分割し、 $m=4$ とし、分割した4素子のなかでビームチルティング角が α になるように位相を設定する。

$$n = M \times m \text{ であり、}$$

$$\text{第1移相器の位相量は } -(i-1-(m-1)M) \times 2\pi d \sin \alpha$$

$$i = 1 \sim n$$

$$m = 1 \sim 4$$

$$M = 1 \sim 4$$

ティング角が α となるように構成する必要があるから各給電点は線路の中心0点からずれて構成されている。

2₁ の給電位相は $4L_1 + 4L_3$ 、2₂ は $4L_3 - 4L_1$ 、2₃ は $4L_2 - 4L_3$ 、2₄ は $-(4L_2 + 4L_3)$ となる。2₁ が基準で位相差が 0° とすれば、2₂、2₃、2₄ の給電位相はそれぞれ遅れることになる。アンテナ列11'はプリント基板上に構成されているため、エッチング技術により容易に製作できる。

第17図は16素子を構成した場合の実施例を示す。第16図に示したアンテナ列を4組縦列に配置し、それぞれのアンテナ列の給電端に41~44の位相器を接続し、これらを電力分配回路5で合成している。41~44の位相器は長さの異なる同軸給電線を用いる。したがって、給電位相を変える場合は同軸給電線長を変えるだけですむ。ビームチルティング角を戻す際に任意の角度に設定できる。

(発明の効果)

以上説明したように、ビームチルティング角が α となるように2₁、2₂ の励振素子に位相器が挿

入できるため、予め励振素子と一体化できるためアンテナ設計が容易となると共に、アンテナ列を分割した後の給電端子に位相器を挿入して、ビームチルト角を戻すだけで、上側の第1サイドロープレベル低減できる利点を有する。

さらに、各々のブロックの位相器41~44を戻すだけで、基地局アンテナ高に対する最適ビームチルト角を簡易に設定できるため、アンテナ建設後の調整も簡易になり施工性に優れていることになる。

4. 図面の簡単な説明

第1図はビームチルトの概念図、第2図は従来の素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナの給電系統図、第3図は従来の素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナのビームチルト角の垂直面内指向性を示す図、第4図は従来の素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナのビームチルト角 0° の伝搬距離特性図、第5図は素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナのビームチルト

角 4.58° の垂直面内指向性を示す図、第6図は素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナのビームチルト角 4.58° の伝搬距離特性図、第7図は従来の4素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナの給電系統図、第8図は従来の4素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナのビームチルト角 4.58° の垂直面内指向性を示す図、第9図は従来の4素子ごとに位相器が挿入されたリニアアレイアンテナのビームチルト角 4.58° の伝搬距離特性図、第10図は本発明のビームチルト用リニアアレイアンテナの給電系統図、第11図は戻し角に対するサイドロープレベルと利得低下量の関係を示す図、第12図はアンテナ列に対する位相を示した模式図、第13図は本発明のビームチルト用リニアアレイアンテナのビームチルト角 4.58° の垂直面内指向性を示す図、第14図は本発明のビームチルト用リニアアレイアンテナのビームチルト角 4.58° の垂直面内指向性を用いたときの伝搬距離特性図、第15図

はアンテナ列に対する位相を示した模式図、第16図はビームチルト用4素子のアンテナ構成例、第17図はビームチルト用基地局アンテナ構成例である。

- 1…基地局アンテナ、 2…無線基地局、
11~14…4素子からなるアンテナ列、
11'~14'…マイクロストリップで構成された4素子からなるアンテナ列、 21~216…励振素子、
21'~24'…マイクロストリップで構成された励振素子、 31~316…位相器、 41~44…位相器、
5…電力分配器、 5'…マイクロストリップ線路の電力分配器、 6…給電端子、
10…アンテナ列。

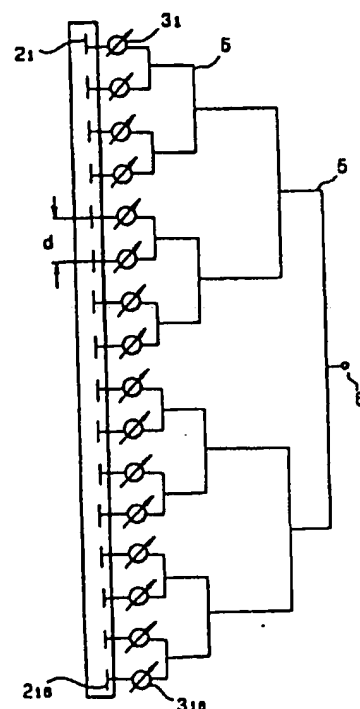
特許出願人

日本電信電話公社

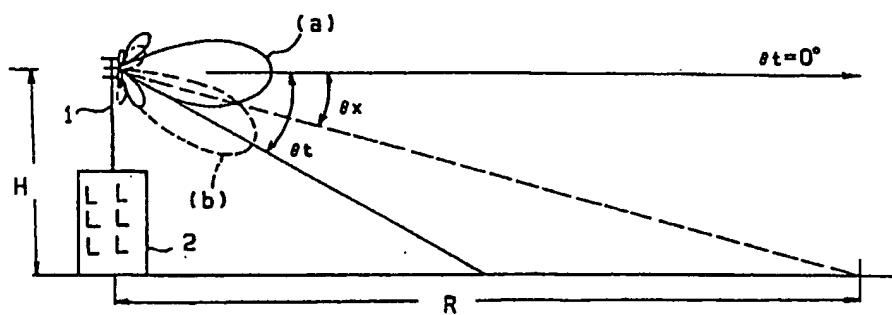
特許出願代理人

弁理士 山本 恵一

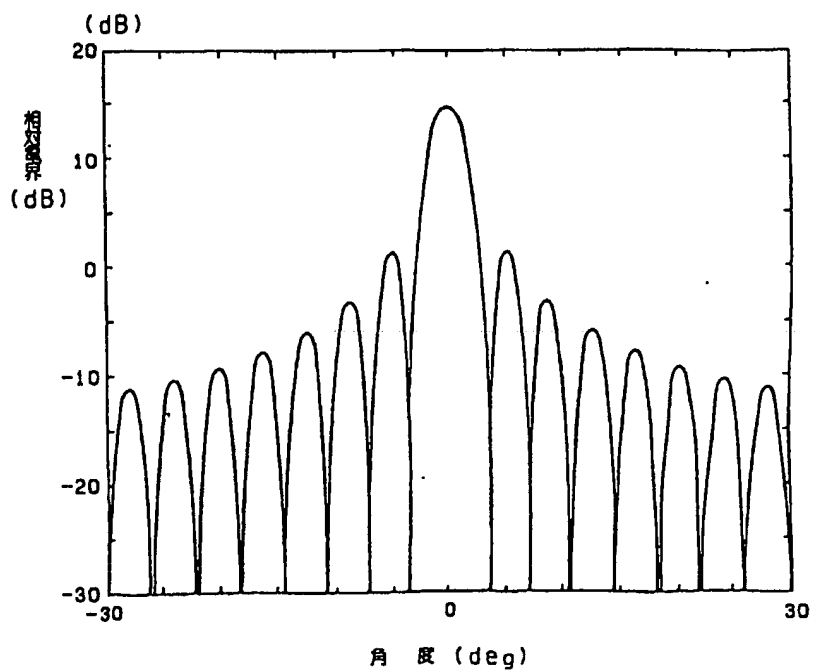
第2図



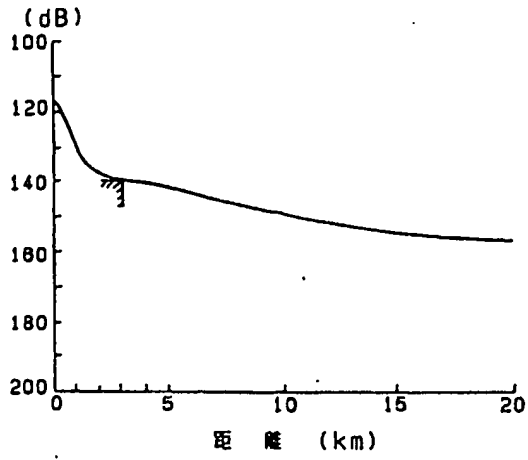
第 1 図



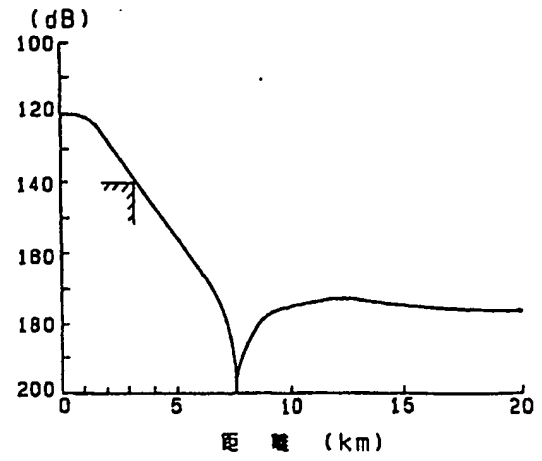
第 3 図



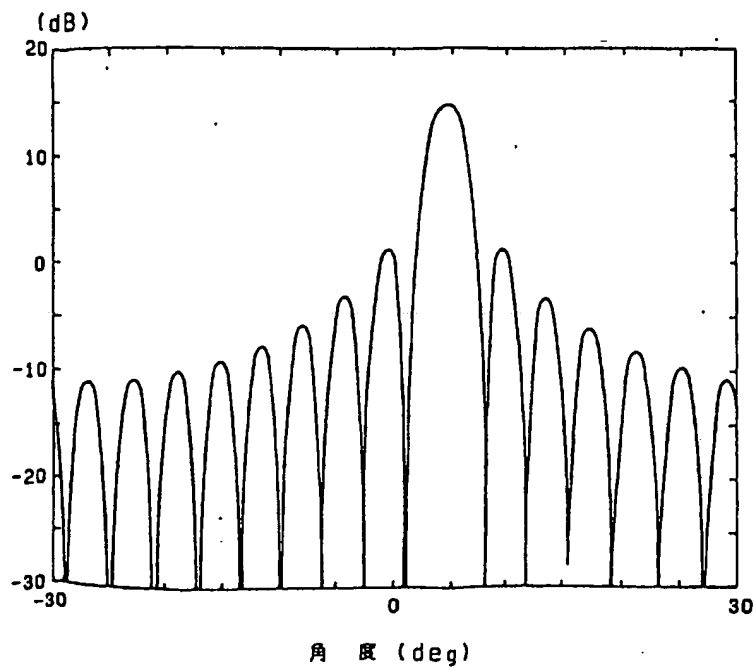
第 4 図



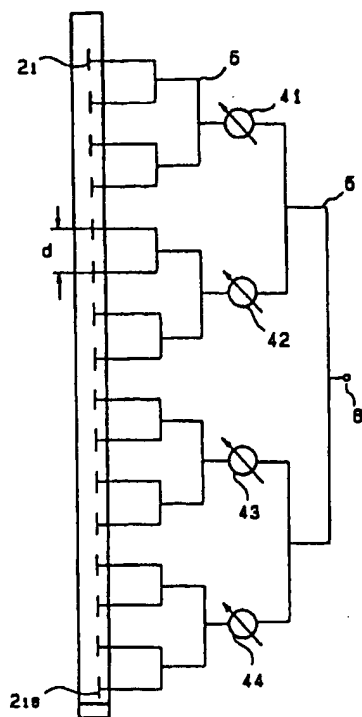
第 6 図



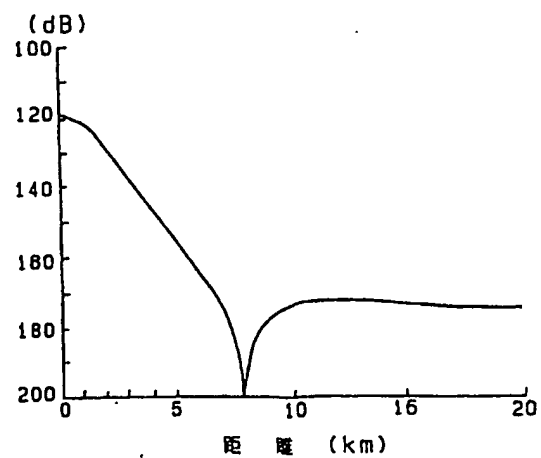
第 5 図



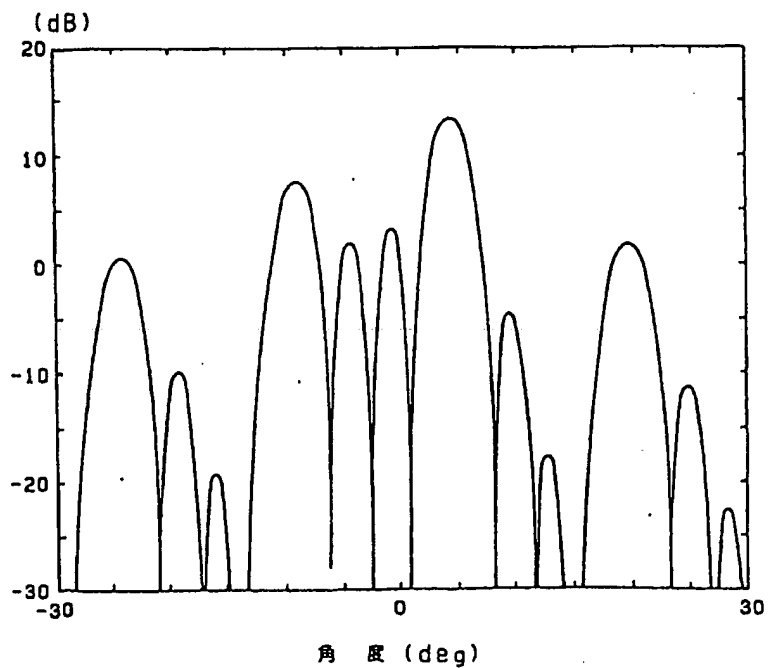
第 7 図



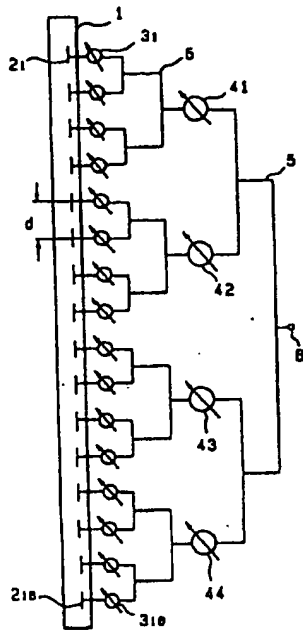
第 9 図



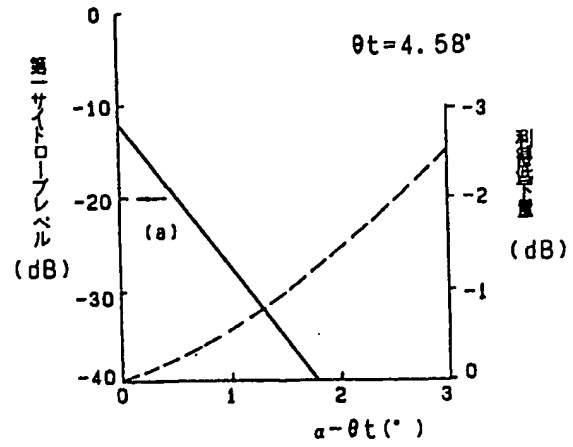
第 8 図



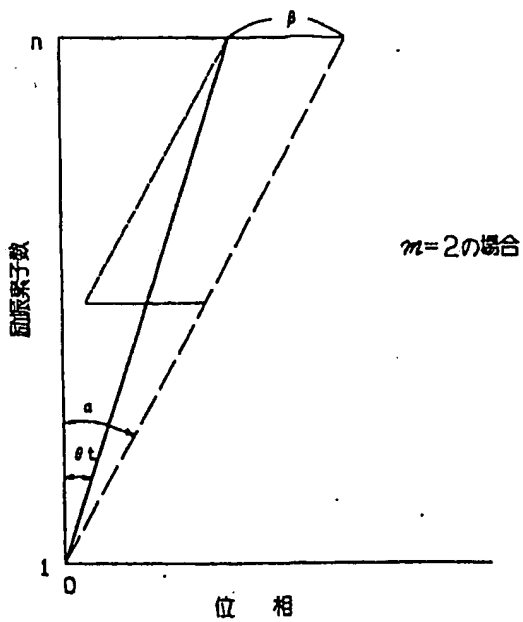
第 10 図



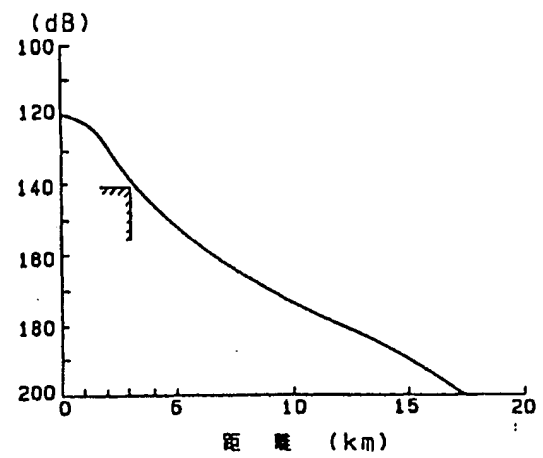
第 11 図



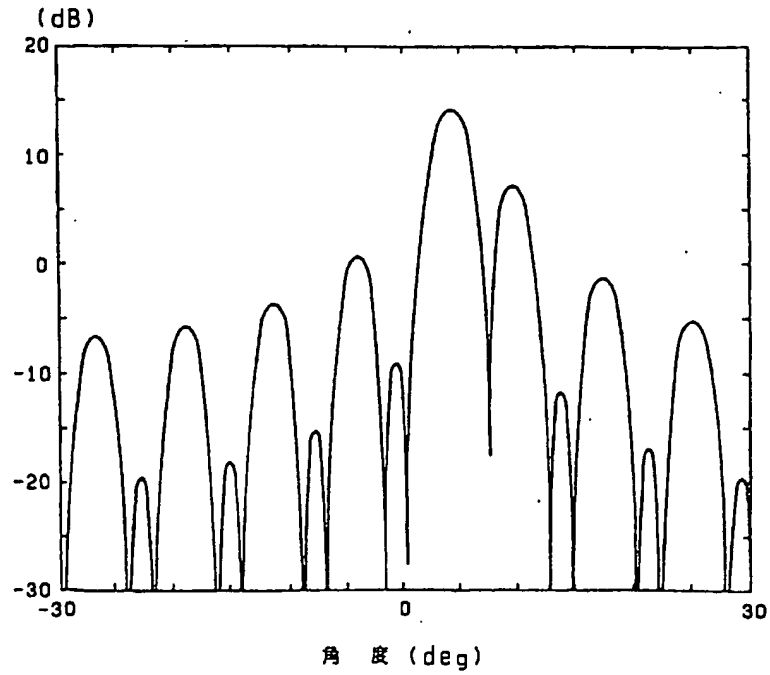
第 12 図



第 14 図

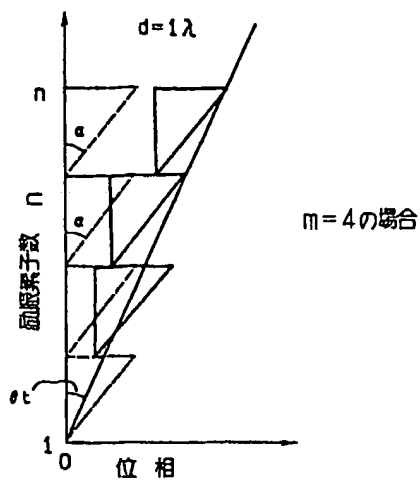


第 13 図

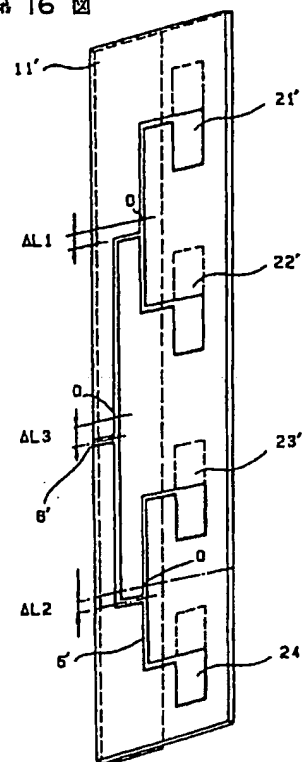


152

第 15 図



第 16 図



第 17 図

